

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ЦИКЛА АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

*д-р техн. наук, проф. В.П. ИВАНОВ, канд. техн. наук, доц. Т.В. ВИГЕРИНА,
Л.С. МИРЗАТАЕВ*

(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Анализ существующей системы технического обслуживания и ремонта автомобилей не подтвердил ее высокую эффективность. Предложена структура ремонтного цикла автомобильных агрегатов с ограничением числа трудоемких ремонтов и возвращения среднего ремонта в систему технического обслуживания и ремонта автомобилей. При этом обосновано использование комплекта заменяемых деталей, подготовленного авторемонтным предприятием. Определено назначение среднего ремонта агрегатов, обеспечивающего более полное использование долговечности составных частей агрегатов. Приведены требования к техническому уровню авторемонтных предприятий из расчета обеспечения геометрических параметров восстановленных деталей, не уступающих по соответствующим параметрам новым деталям.

Ключевые слова: *ремонт автомобилей, виды ремонта, ремонтное производство, ремонтный комплект деталей.*

Введение. Автомобильный парк Республики Беларусь насчитывает около 5 млн автотранспортных средств. Затраты на его содержание в исправном состоянии и безаварийная работа в течение всего срока службы на порядок превышают затраты на создание парка этих автомобилей, поэтому обоснование периодичности и объема ремонтных работ имеет важное значение.

Рекламная политика и действия производителей автомобилей, требующие загрузки своего производства с получением максимального дохода и наибольшей прибыли, нацелена на то, чтобы спустя сравнительно небольшой срок службы произведенный автомобиль был утилизирован или продан в «третьи» страны, а вместо него был выпущен и продан новый экземпляр. Но только состоятельным владельцам позволительно сбывать автомобиль с незначительно израсходованным ресурсом и приобрести новую машину. Посреднический бизнес заинтересован в сбыте запасных частей, а обслуживающий бизнес – в использовании их при ремонте автомобилей. В качестве запасных частей производителям техники выгодно поставлять дорогие детали, изготовленные, как правило, с отступлением от требований технической документации, которые нежелательно использовать при сборке нового изделия. В результате этого произошел развал ремонтного производства с исключением капитального ремонта полнокомплектных автомобилей из их жизненного цикла и сокращением объемов ремонта агрегатов на специализированных предприятиях.

Долговечность автомобилей в последнее время существенно повысилась за счет использования новых материалов и более совершенных процессов и оборудования. Владельцы техники экономически заинтересованы в продлении срока службы автомобилей ремонтными воздействиями с восстановлением деталей при полном использовании их остаточной долговечности.

Многолетняя научная и производственная деятельность в технической эксплуатации автомобилей определила виды, содержание, периодичность и объем ремонтных работ, включенных в систему содержания парка автомобилей в исправном состоянии в течение всего срока их службы. Ремонтный цикл из этих работ включает¹:

- текущий ремонт (ТР);
- ремонт малой трудоемкости, выполняемый совместно с техническим обслуживанием (ТО) автомобилей;
- регламентированный ремонт (РР);
- планово-предупредительный ремонт (ППР);
- капитальный ремонт (КР);
- восстановительный ремонт (ВР).

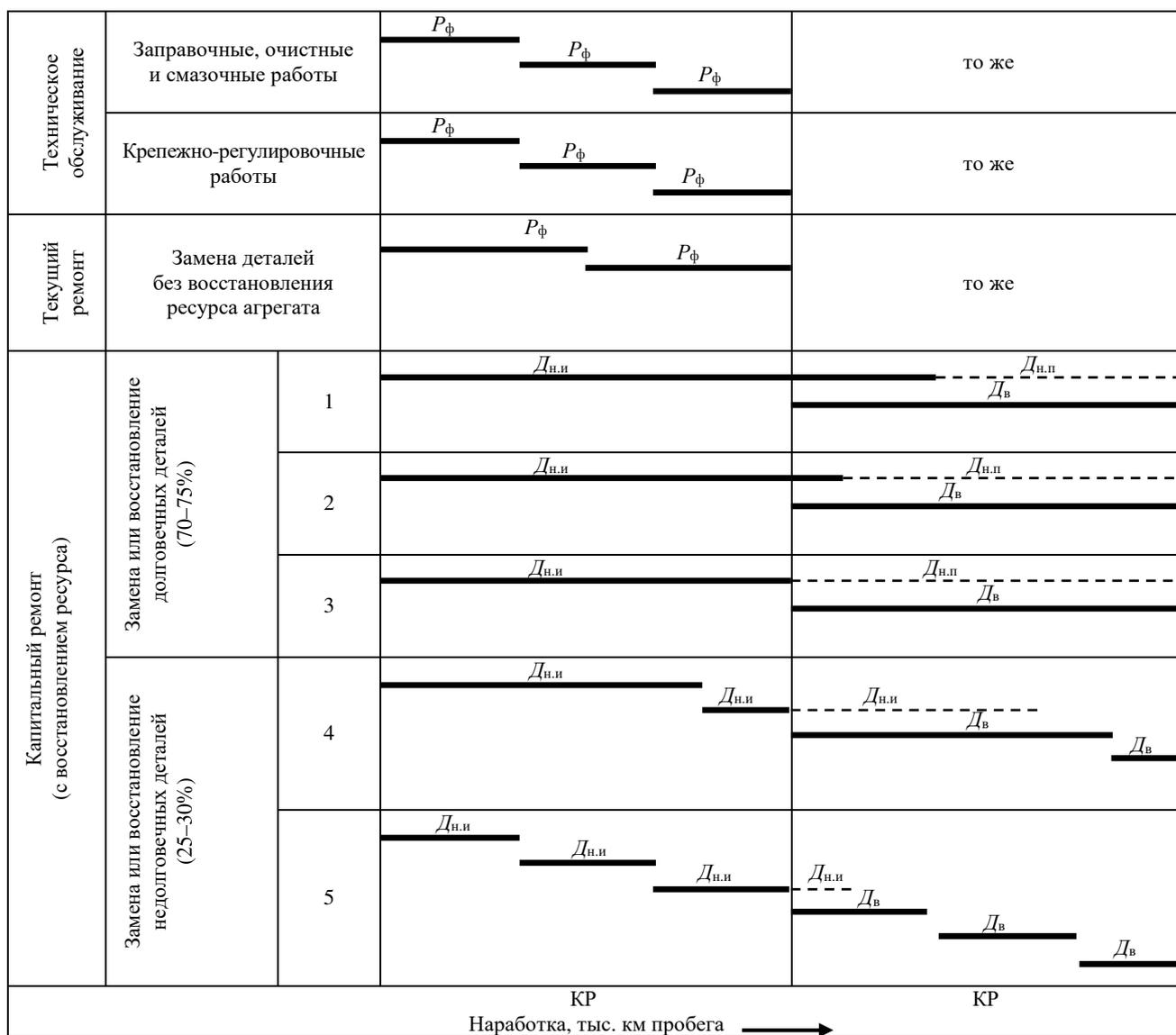
Вид и объем ремонта определяются количеством и видом деталей, достигших после определенной наработки предельного состояния или близкого к нему, а также степенью восстановления ресурса автомобиля. Из приведенного цикла исключен средний ремонт (действующий на предприятиях России и в армейских условиях), а некоторые виды ремонта введены искусственно.

¹ ТКП 248-2010 (02190). Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения – Минск: М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь; Белорус. науч.-исслед. ин-т транспорта «Транстехника», 2012. – 42 с.

Таким образом, оптимальное решение, определяющее место, время, содержание и объем ремонтных работ в течение всего срока службы агрегатов как стратегия ремонта частей автомобилей, требует в настоящее время уточнения.

Цель работы: на примере самых сложных автомобильных агрегатов (двигателей) обосновать их оптимальный ремонтный цикл, составляющий основу стратегии ремонта, и определить требования к техническому уровню авторемонтного производства.

Основная часть. Нормативная надежность автомобиля закладывается при его проектировании и изготовлении, а поддерживается в эксплуатационной части его жизненного цикла ТО и ремонтом, как показано на рисунке.



P_{ϕ} – наработка агрегата; $D_{н.и}$ и $D_{н.п}$ – долговечность новой детали, обусловленная износостойкостью и прочностью, соответственно; $D_{в}$ – долговечность восстановленной детали; КР – капитальный ремонт; 1–5 – группы деталей по долговечности

Рисунок. – Обоснование необходимости технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов в системе содержания автомобилей в исправном состоянии [1]

Несмотря на стремление создать автомобильные агрегаты из деталей, достигающих предельного состояния одновременно, это по ряду причин не удастся, в т.ч. вследствие использования техники в различных эксплуатационных условиях.

ТО продлевает время пребывания автомобиля в работоспособном состоянии за счет выполнения заправочных, очистных, смазочных и крепежно-регулирующих работ. Ремонтные работы предусматри-

вают замену (восстановление) составных частей изделий с сопутствующими работами (очисткой, разборкой, определением технического состояния деталей и их восстановлением, сборкой, окрашиванием, обкаткой и испытаниями).

Если предельного состояния достигают одна или реже несколько неосновных деталей агрегата, то выполняют его текущий ремонт, который не восстанавливает ресурс этого агрегата. Ремонт малой трудоемкости, выполняемый совместно с техническим обслуживанием, является текущим ремонтом и его не следовало выделять в отдельный вид ремонта. Планировать периодичность и объем текущего ремонта не представляется возможным.

Если предельного состояния достигли и основные (в т.ч. корпусные) детали, то необходим капитальный ремонт агрегата, который выполняют специализированные ремонтные предприятия при наличии необходимых условий, в соответствии с СТБ-928², СТБ-929³ и СТБ-930⁴. Этот вид ремонта обеспечивает послеремонтную наработку, не уступающую наработке новых изделий, а в ряде случаев и превосходящую ее. При этом предполагается восстановление деталей (включая базовые) всеми освоенными способами, установленными технической документацией. Восстановление деталей является основным источником экономической эффективности ремонта. Однако капитальный ремонт полнокомплектных автомобилей, согласно нормативным документам, не является обязательным техническим воздействием. При исчерпании ресурса по пробегу автомобиль может быть списан. Для автомобилей категории M_3 белорусского производства допускается проведение не более одного капитального ремонта. Капитальный ремонт полнокомплектных автомобилей предполагает снятие их на длительный срок из перевозочного процесса, что связано с большими экономическими потерями. Например, для грузовых автомобилей моделей МАЗ, КамАЗ и ЗИЛ предусмотрен только капитальный ремонт агрегатов.

На договорных условиях автомобиль может пройти и восстановительный ремонт, если он по своему техническому состоянию из-за аварии или значительного износа не подлежит капитальному ремонту. Восстановительный ремонт автомобилей с восстановлением деталей, включая базовые, проводят также специализированные ремонтные предприятия. Послеремонтная наработка автомобилей должна составлять не менее 80% ресурса, установленного для капитально отремонтированных автомобилей. Таким образом, восстановительный ремонт по сути является капитальным ремонтом.

Регламентированный ремонт подразумевает обязательную замену деталей и узлов, влияющих на безопасность дорожного движения, топливную экономичность и состояние окружающей среды, независимо от технического состояния автомобилей. Значения наработки заменяемых изделий установлены ТКП 248-2010⁵. Этому виду ремонта подлежат транспортные средства категории M_3 белорусского производства, перевозящие пассажиров в регулярном сообщении, и транспортные средства, используемые в экстремальных условиях (например, в шахтах). РР выполняют на специализированных предприятиях при пробеге не более 2/3 нормативного ресурса, но не реже одного раза в 6 лет.

Планово-предупредительный ремонт выполняют в плановом порядке с установленной периодичностью и в объеме, определяемом по результатам диагностирования, исходя из высоких требований к надежности автомобилей, перевозящих пассажиров и опасные грузы и работающих за рубежом или в экстремальных условиях. Например, допускается применение ППР для автомобилей категории M_3 , регулярно перевозящих пассажиров на городских и пригородных маршрутах. ППР обеспечивает исправное состояние автобусов в течение всего срока их службы. Периодичность ППР составляет 80 тыс. км пробега, начиная с пробега 160 тыс. км с начала эксплуатации.

Следует отметить, что последние два вида ремонта не получили широкого применения; они могут быть отнесены к другим видам системы ремонта автомобилей.

Одна из прогрессивных тенденций в практике ремонта – применение агрегатного метода ремонта автомобилей в условиях автотранспортных предприятий. Метод предполагает наличие обменного фонда капитально отремонтированных агрегатов, которыми оперативно заменяют отказавшие агрегаты. Снятые агрегаты направляют на ремонтные предприятия, которыми по возвращению и пополняют обменный фонд. При этом простой автомобиля существенно снижаются, а ремонтным предприятиям, которые превращается в агрегаторе-монтные, обеспечивается загрузка.

² СТБ 928-2004, ВУ. Автомобили, их составные части, сдаваемые в капитальный ремонт. Общие технические требования и правила приемки. – Минск: Госстандарт, 2004. – 10 с.

³ СТБ 929-2004, ВУ. Автомобили, их составные части, выпускаемые из капитального ремонта. Общие технические требования. – Минск: Госстандарт, 2009. – 23 с.

⁴ СТБ 930-2004. Автомобили, их составные части, сдаваемые в капитальный ремонт и выпускаемые из капитального ремонта. Комплектность. – Минск: Госстандарт, 2004. – 10 с.

⁵ ТКП 248-2010 (02190). Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения – Минск: М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь; Белорус. науч.-исслед. ин-т транспорта «Транстехника», 2012. – 42 с.

С некоторых пор нормативные документы Беларуси исключили средний ремонт из системы содержания парка автомобилей в исправном состоянии. Потребность в среднем ремонте, выполняемом на эксплуатационном предприятии и восстанавливающим частично ресурс агрегата, возникает тогда, когда ограниченная номенклатура деталей требует замены новыми или восстановленными изделиями.

Средние ресурсы деталей двигателей в долях ресурса их базовых деталей (блоков цилиндров), определенные опытным путем, приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Относительные средние ресурсы деталей двигателей

Названия деталей	Средние ресурсы в долях ресурса базовой детали
Блок цилиндров	1,00
Головка цилиндров	1,00
Поршневой палец	0,90–1,00
Распределительный вал	0,84–1,00
Шатун	0,60–0,65
Гильза цилиндра	0,66–0,91
Коленчатый вал	0,62–0,69
Клапаны	0,61–0,92
Поршень	0,57–0,65
Вкладыши шатунные	0,44–0,52
Кольца маслосъемные	0,43–0,48
Кольца компрессионные	0,41–0,45
Вкладыши коренные	0,38–0,48

Большая долговечность базовых (корпусных) деталей, превышающая даже амортизационную наработку самого агрегата, обусловлена отсутствием в них трущихся элементов, большой статической прочностью и жесткостью. Долговечность трущихся деталей значительно ниже долговечности корпусных деталей, что обуславливает их замену при использовании агрегата. Ряд недолговечных деталей (вкладыши коленчатого вала, поршневые кольца, поршни, уплотнения и др.) требуют более частой замены. Эти сведения позволяют обосновать номенклатуру деталей, заменяемых при различной наработке двигателей, и определить вид ремонта. При текущем ремонте заменяют наиболее изнашиваемые недолговечные детали, которыми являются поршневые кольца и вкладыши коренные и шатунные коленчатого вала. Средний ремонт агрегата предполагает замену деталей, ресурс которых составляет примерно половину от ресурса базовой детали.

Технико-экономический критерий выбора способа восстановления детали традиционно учитывает соотношение стоимости восстановленной детали, цены одноименной новой детали и их долговечностей [2]:

$$C_v \leq k_d C_n,$$

где C_v – стоимость восстановленной детали; C_n – цена новой детали; $k_d = D_v/D_n$ – коэффициент долговечности; D_v и D_n – долговечность восстановленной и новой деталей.

Однако приведенное выражение должно быть дополнено ограничением кратности наработки восстановленных деталей межремонтному пробегу агрегата за счет использования технических решений, уравнивающих наработку деталей повышением их износостойкости. Современное состояние науки и практики позволяет обеспечить приведенное ограничение. Действительно, нанесение покрытий при восстановлении трущихся поверхностей деталей с насыщением их материала необходимыми легирующими элементами подобно химико-термической обработке поверхностных слоев связано с образованием материала нового химического, структурного и фазового состава, отличного от материала основы. Насыщение поверхностных слоев, например, углеродом, азотом, бором или их сочетаниями с последующими закалкой и отпуском, приводит к образованию упрочняющей фазы [3]. Но необходимо предварительно согласовать состав исходного материала покрытий с требуемым фазовым составом образуемого покрытия. Физико-техническая обработка в виде лазерной и электронно-лучевой обработки способствует формированию такого материала. Образуется гетерогенная структура материала (типа Г. Шарпи), состоящая из твердых зерен карбидов, нитридов или других соединений, равномерно распределенных в упругопластической стальной матрице. При этом поверхностные слои трущихся материалов должны обладать меньшей прочностью, чем нижележащие слои (правило положительного градиента) и не наклепываться при трении. Упрочнение трущихся поверхностей с нанесением приработочных покрытий обеспечивает наработку до предельного состояния, превышающую соответствующую наработку деталей, изготовленных на автомобильных заводах.

Исходя из соотношения стоимости ремонта и послеремонтной наработки агрегатов с использованием новых и восстановленных деталей предлагается ремонтный цикл в двух видах с использованием среднего ремонта агрегата:

- без капитального ремонта агрегата

$$BЭ - TP \dots TP - CP - TP \dots TP - Cp;$$

– с капитальным ремонтом агрегата

ВЭ – ТР ... ТР – СР – ТР ... ТР – КР – ТР ... ТР – СР – ТР ... ТР – Сп,

где ВЭ – ввод в эксплуатацию; ТР – текущий ремонт по результатам диагностирования при ТО; СР – средний ремонт; КР – капитальный ремонт; Сп – списание.

Капитальный ремонт агрегатов исключают из ремонтного цикла в том случае, когда он охватывает ряд лет, в течение которых автомобили данной марки морально устаревают. Предложенный ремонтный цикл предполагает ограничение числа восстановлений деталей и соответственно трудоемких ремонтов. Восстановительное покрытие на отдельную поверхность детали наносится один раз.

Средний ремонт агрегатов, частично восстанавливающий ресурс агрегата, следует вернуть в систему ТО и ремонта. Для этого предлагается использовать специально подготовленный в условиях авторемонтного предприятия ремонтный комплект заменяемых деталей (таблица 2). Часть деталей комплекта составляют приобретенные запасные части, вторую его часть изготавливают на ремонтном предприятии, а оставшуюся часть – восстанавливают.

Таблица 2. – Состав ремонтного комплекта деталей бензинового двухрядного восьмицилиндрового двигателя

Деталь (количество в комплекте)	Источник комплектования
Гильза цилиндра (8)	Растачивание и хонингование под ремонтный размер. Изготовление из отливки обработкой резанием
Прокладка гильзы цилиндра (24)	Изготовление штамповкой
Прокладка крышки распределительных шестерен (1)	
Стопорное кольцо (16)	
Прокладка головки цилиндров (1)	Приобретение
Комплект поршневых колец (1)	
Комплект вкладышей шатуна (1)	
Комплект вкладышей коренных подшипников (1)	
Набивка сальника (2)	Шлифование юбки, восстановление канавок под кольца, раз- вертывание отверстия под поршневой палец. Изготовление из отливки обработкой резанием с нанесением прирабочного покрытия
Поршень (8)	
Поршневой палец (8)	Хромирование или термопластическая раздача, шлифование
Шатун в сборе (8)	Железнение поверхности в нижней головке, хонингование, замена втулки верней головки, растачивание
Коленчатый вал (1)	Шлифование и полирование шеек под ремонтные размеры. Напыление или наплавка шеек, их шлифование под номиналь- ный размер и полирование
Выпускной клапан (8)	Железнение стержня, наплавка фаски, шлифование
Уплотнительная прокладка заднего сальника (2)	Изготовление детали из «сырой» резины вулканизацией в прессформе
Маслоотражательный колпачок впускного клапана (8)	
Уплотнительная прокладка клапанной крышки (1)	
Задняя прокладка впускной трубы (1)	
Боковая прокладка впускной трубы (2)	
Передняя прокладка впускной трубы (1)	

Состав ремонтного комплекта для других агрегатов и систем автомобилей назначают на базе сопоставления долговечности их элементов и стремления уравнивать между собой значения этих показателей.

Практическое использование предложенного ремонтного цикла агрегатов позволяет более полно использовать остаточную долговечность деталей с достижением нормативной послеремонтной наработки агрегатов при уменьшении стоимости ремонта.

Послеремонтная наработка отремонтированных агрегатов определяется техническим уровнем авторемонтного предприятия. Наибольшее влияние на эту наработку оказывают начальные зазоры в трущихся соединениях, определяемые размерами соответствующих деталей, а наименьшее – параметры формы и расположения рабочих поверхностей. Наблюдается непрерывное уменьшение ресурса агрегатов при отклонении в худшую сторону параметров от их нормативных значений. Утверждения, приводимые в ряде исследований о том, что существуют оптимальные значения структурных параметров, превышающие значения параметров, установленных заводами-изготовителями, не подтверждаются практикой.

Таким образом, геометрические параметры восстановленных деталей не должны уступать соответствующим параметрам новых деталей, установленных заводами-изготовителями. Технический уровень участков восстановления деталей после реконструкции или технического перевооружения должен обеспечить неукоснительное выполнение нормативных значений геометрических параметров восстанавливаемых деталей в пределах

требований завода-изготовителя. Авторемонтное предприятие такого технического уровня способно вместе с восстановлением деталей и изготавливать детали (гильзы цилиндров, седла клапанов, поршни, коленчатые и распределительные валы, маховики, венцы маховиков и др.) для поставки их в виде запасных частей на рынок.

Заключение. Обоснована структура ремонтного цикла автомобильных агрегатов с ограничением числа трудоемких ремонтов и нанесения покрытий. Требуется возвращение среднего ремонта в систему ТО и ремонта с использованием комплекта деталей, подготовленного авторемонтным предприятием. Средний ремонт призван наиболее полно реализовать долговечность составных частей агрегата с достижением максимальной экономической эффективности ремонта.

Технический уровень авторемонтных предприятий должен быть доведен до уровня автомобилестроения использованием современных средств и процессов ремонта из расчета обеспечения геометрических параметров восстановленных деталей, не уступающих соответствующим параметрам новых деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология авторемонтного производства / А.И. Асриянц, Ф.П. Верещак, А.М. Кац и др.; под ред. К.Т. Кошкина. – М.: Транспорт, 1969. – 568 с.
2. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. – Л.: Машиностроение (Ленинград. отделение), 1976. – 560 с.
3. Иванов В.П., Кастрюк А.П. Влияние качества ремонта двигателей на их долговечность // Вестник государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2012. – № 3. – С. 30–34.

Поступила 02.01.2026

IMPROVEMENT OF THE REPAIR CYCLE OF AUTOMOBILE UNITS

V. IVANOV, T. VIGERINA, L. MIRZATAYEV
(*Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk*)

Analysis of the existing system of technical maintenance and repair of automobiles did not confirm its high efficiency. The structure of the repair cycle of automobile units is proposed with a limitation of the number of labor-intensive repairs and the return of average repairs to the system of technical maintenance and repair of automobiles using a set of replaceable parts prepared by the auto repair enterprise. The purpose of average repair of units is determined, ensuring a more complete use of the durability of the component parts of the units. Requirements are given for the technical level of auto repair enterprises based on ensuring the geometric parameters of the restored parts, not inferior to the corresponding parameters of new parts.

Keywords: *car repair, types of repair, repair production, repair kit of parts.*